

Partial translation of DK-B-174 346.

-----

Fig. 1 shows a side view, with a partial section along the line B-B in fig. 2, though only the innermost part of the upper wing arm is shown.

Fig. 2 shows a section view along the line A-A in fig. 1, and

fig. 3 shows an embodiment of the control unit, with a partial section through the centre line.

In the illustration, 1 refers to the rotor's main shaft, which connects with the gear of the nacelle. For the sake of simplicity, the nacelle, along with its power take-off, is not included in the illustration. The main shaft 1 supports the rotor housing 2, which has a flange to which the main shaft 1 is attached. One end of the shaft 15 is in fixed connection with the worm 14, which extends in the rotor housing 2, and the shaft 15 extends backwards through the main shaft 1 into the nacelle to the control unit. In fixed connection with the rotor housing (cf. fig. 2) is a shaft journal 4, on which the hollow shaft 5 is rotatably mounted on bearings. On one end of the shaft 5, a worm wheel 13 is attached, which engages with a worm 14. On the other end of the shaft 5 a bevel gear 12 is attached, which engages with another bevel gear 11, which is connected to the lower end of a shaft 6, which constitutes the inner end part of a mill wing. The shaft 6 is rotatably mounted via bearings 7 and 8 in a bearing housing 3. The bearing housing 3 is rotatably connected to the rotor housing 2 by bearings 9 and 10.

The control unit 16 (cf. fig. 3) consists of a worm gear with worm 33 and worm wheel 34. A free-wheeling bearing 25 is built into, and is in fixed connection with, the worm wheel 34, the inner ring of said free-wheeling bearing being in fixed connection with the shaft 15. On the bevel gear's input shaft a control motor is mounted, which is not shown on the illustration. The console 30 provides a bearing housing for the differential 20. A cylindrical cog wheel 17 is mounted on the shaft 15, which cog wheel engages with another cylindrical cog wheel 19, which is fixed to the shaft end of one of the output shafts 31 from the differential. To the end of the other output shaft 32 is fixed a cylindrical cog wheel 21, which engages with another cylindrical cog wheel 22, which is fixed to the main shaft 1. The shafts 31 and 32 are mounted in bearings 26 and 27 in the bearing housing 30. To the shafts 31 and 32 are fixed bearings 28 and 29, which constitute a bearing application for differential housing 20, which is thus rotatable. The outside of the

differential housing functions as a reel for rolling up of the wire 23, which is connected to plumb 24. In the differential housing 20 a shaft journal 35 is mounted, which constitutes the bearing seating for the two differential wheels 36 and 37. It will be understood from the explanation above that a wing, e.g. the one connected to the upper shaft journal 6 in fig. 2, in an unloaded state and disregarding the influence of gravity, is not bound to the vertical position shown in fig. 1 but will be capable of swinging in the directions of the double arrow 40 in fig. 1, i.e. in an axial section through the main shaft 1, as such a swinging motion will merely cause the appurtenant cog wheel 11 to roll in relation to the meshing cog wheel 12, which is normally kept at a particular angle by worm wheel 13 and worm 14. This swinging motion is made possible by the articulated mounting of the bearing housing 3 via bearings 9 and 10 in the rotor housing. However, to prevent the wings from wobbling in such an unloaded state, a damping spring, which is not included in the illustration, is attached to each bearing housing 3.

As explained above, such deflection movements arise as a result of the force of the wind, and when the wing in question is exposed to momentary gusts of wind or passes the lee of the tower. Around the appurtenant mill tower eddies will arise, which will have an effect on the lift properties of the wings, when the wings pass the tower and regardless of whether this occurs on the luff or the lee side.

During normal operation, the centrifugal force will keep the wings oriented radially outwards, though they will have a small deflection as a result of the force of the wind, and thereby they will also assume a particular rotational angle around their longitudinal directions, namely due to the engaging of the appurtenant cog wheels 12 and 13 and the fact that the shaft 5 is kept in a well-defined position by worm wheels 13 and 14. Hereby, the rotary movement of the wings is transferred to the main shaft 1 via: the shaft journals 6, bearings 7 and 8, housings 3, bearings 9 and 10 to the rotor housing 2. If a wing is exposed to a gust of wind, it will deflect, i.e. it will be moved backwards in the direction of the wind. As a consequence, the appurtenant cog wheel 11 will roll in relation to the cog wheel 12 and the wing in question will be momentarily freed of load. So, the wing will be momentarily rotated around its longitudinal direction. As soon as this influence on the wing ceases, it will return to its normal working position, as a result of the effect of the centrifugal force. More precisely, the deflection or backward tilt of the wings will naturally depend on the force of the wind, as well as the extent of the centrifugal force.

It will be understood from the explanation above that the rotational velocity of the mill is determined by the control unit 16 and the revolutions of its control motor. During start up, the blade angle of the wings is 0 °. Via the worm 33, the control motor will

make the worm wheel rotate at the desired velocity. The free-wheeling bearing 25, which is built into worm wheel 34 and the inner ring fixed to the shaft 15, has its free-wheeling movement in the opposite direction of the rotational direction of the main shaft 1 and the worm wheel 34. When the worm wheel 34 rotates, the free-wheeling bearing 25 will allow the shaft 15 to move freely up until worm wheel 34's revolutions, where the shaft 15 will be held fast if it attempts to exceed this velocity. At start up, the shaft will then be released. This will effect the plumb 2, via the wire 23, to cause the differential housing to rotate and via shaft journal 35 affect the differential wheels 36 and 37. During start up, the main shaft 1, and thus also cog wheel 22, is stationary. Under these circumstances, cog wheel 21 and the shaft 32 will not be able to rotate. The differential wheels will then only be able to affect the shaft 31, which, via cog wheels 19, 18 and 17, will then transfer the rotation to shaft 15, which is in fixed connection with the worm 14 in the rotor housing 2, which engages with the worm wheels 13, which through the shaft 5 will transfer the rotation to the bevel gear 12, which in turn transfers it to the bevel gear 11, causing the shaft 6 and the wing to rotate to the desired blade angle.

If during its rotation the windmill rotor exceeds the velocity of the control motor due to increasing wind velocity, the opposite sequence of events of those described above will occur. The greater rotation of the windmill rotor will cause the worm wheels 13 to rotate faster than the worm 14 and thus "screw their way" to a decreasing inclinational angle for the wings. At the same time, it will raise the plumb 24 through the differential 20. The windmill rotor will then find a balance around the control motor's designated rotational velocity.

On the stopping of the control motor, the wings will "screw" themselves to an inclination angle of 0 °.

## CLAIMS

1. A windmill rotor having velocity regulation by the alteration of the blade angle of the wings, each wing being rotatably mounted around a transverse axis, which extends in a plane that is at a right angle to the rotational axis of the rotor, characterized in that each wing with a wing shaft (6) is rotatably mounted around its longitudinal direction in a connecting part (3), which, rotatably around the transverse axis, is connected to the rotor's housing (2), that each wing shaft (6) is non-rotatably connected to a bevel gear element (11), which engages with another bevel gear (12), which is non-rotatably connected to a shaft that is rotatable around the respective transverse axis.



## (12) PATENTSKRIFT

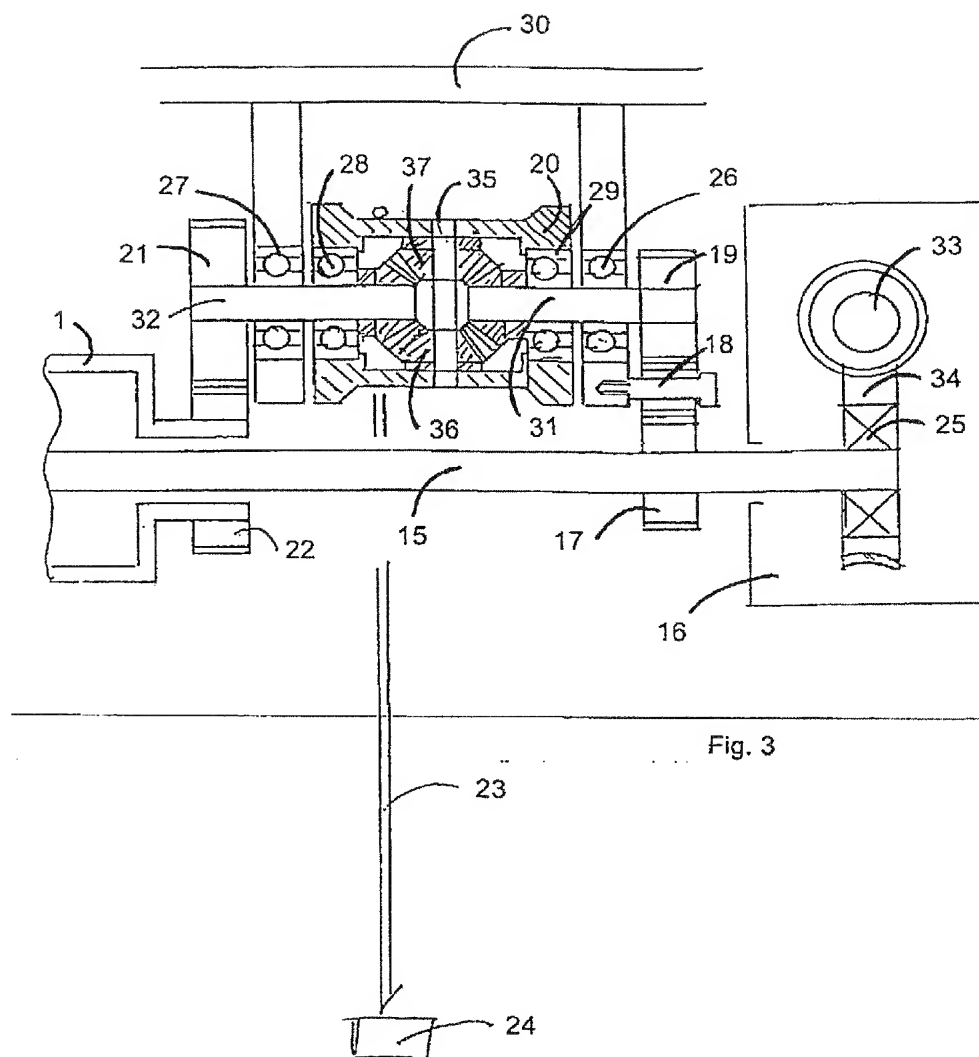
Patent- og  
Varemærkestyrelsen

- 
- (51) Int.Cl.: **F 03 D 7/04**  
(21) Patentansøgning nr: **PA 1995 00910**  
(22) Indleveringsdag: **1995-08-14**  
(24) Løbedag: **1995-08-14**  
(41) Alm. tilgængelig: **1997-02-15**  
(45) Patentets meddelelse bkg. den: **2002-12-16**
- (73) Patenthaver: **Arne Johansen, Hovedvejen 11, Glim, 4000 Roskilde, Danmark**  
(72) Opfinder: **Arne Johansen, Hovedvejen 11, Glim, 4000 Roskilde, Danmark**
- (74) Fuldmægtig: **Internationalt Patent-Bureau A/S, Høje Taastrup Boulevard 23, 2630 Taastrup, Danmark**
- 

(54) Benævnelse: **Vindmøllerotor med hastighedsregulering ved omstilling af vingernes indstillingsvinkel**

(57) Sammendrag:

Vingerne 40 til en vindmøllerotor er ved hjælp af en udvekslingsmekanisme 42,43,44,32,33 forbundet med et vinkelgear med to koniske tandhjul 38,39. Til hver vinge 40 hører der en excentrikaksel 25, der ved hjælp af lejesøler 28,29 er drejeligt lejret i rotorens hus omkring en akse 30, der står vinkelret på rotorens omdrejningsakse. Den tilhørende vinge 40 er drejeligt lejret omkring sin længderetning (ved 41) i et hus 42, som ved hjælp af arme 43,44 er svingeligt lejret på excentriske dele 32,33 af akslen 25. Det ene 38 af de to koniske tandhjul er udrejeligt forbundet med akslen 25 og har samme excentricitet som de to excentrikdele 32,33. Et tandhjulsegment 36 er fastgjort til en del 35 af akslen 25 og forløber koncentrisk med excentrikakslens lejesøler 28,29. Tandhjulsegmentet 36 står i indgreb med en tandstang 10. Der opnås en omstilling af vingernes drejningsstilling omkring deres længderetning ved varierende vindbelastning og ved overskridelse af et maksimalt omdrejningstal.



Den foreliggende opfindelse angår en vindmølle-  
rotor med hastighedsregulering ved omstilling af vingernes indstillingsvinkel, hvor hver vinge er drejelig  
5 ligt lejret omkring en tværakse, der forløber i et plan, som står vinkelret på rotorens omdrejningsakse.

Den foreliggende opfindelse angår navnlig en vindmøllerotor, hvor vingernes indstillingsvinkel og rotorens omdrejningshastighed styres af vindens tryk  
10 og en udefra kommende referenceomløbshastighed.

Ved "indstillingsvinkel" skal der i denne beskrives forstås den drejningsvinkel, en vinge indtager omkring sin længderetning. Denne vinkel er  $0^\circ$ , når vingen vender sin forkant mod vindretningen, og  
15 vingen ikke er påvirket af nogen opdrift. Når en vinge indtager denne stilling, siges den at være kantstillet. Ved stigende indstillingsvinkel drejes vingen omkring sin længderetning til opnåelse af en opdrift, der påvirker vingen med en kraft, der giver et  
20 moment omkring rotorens hovedakse i dennes tilstræbte omløbsretning.

Der kendes fra tysk patentskrift nr. 435889 en vindmølle, hvor hver vinge ved sin indre ende er længdeforskydeligt og drejeligt lejret på en stang,  
25 der rager radialt ud fra et navn, som er fast forbundet med møllens hovedakse. Ved den indre ende af hver vinge er der drejeligt, men aksialt uforskydeligt, lejret en ring, der ved hjælp af en ledstang er forbundet med en krumtap, som er fastgjort til det  
30 ene af vinkelgearets to koniske tandhjulselementer. Dette er lejret frit drejeligt i forhold til hovedakslen, og det dermed i indgreb stående andet koniske tandhjulselement er frit drejeligt, men aksialt uforskydeligt, lejret på den tilhørende vinges  
35 navstang. Det andet koniske tandhjulselement er forsynet med et nav, hvormed vingen er forbundet på længdeforskydelig, men udrejelig måde. Det andet koniske tandhjulselement er fat forbundet med en udra-

gende arm, og denne er ved hjælp af en dobbeltarmet vægtstang forbundet med en trækstang, der går gennem hovedakslen og er belastet i aksial retning.

Når den maksimalt tilladelige omdrejningshastighed overskrides, trækker vingen i ringen med en bestemt centrifugalkraft, og derved trækkes ledstangen udefter. Derved drejes det nævnte ene koniske tandhjulselement, der på sin side drejer det andet koniske tandhjulselement, hvorved dette svinger den udragende arm. Derved trækker denne i den dobbeltarmede vægtstang, som derved er i stand til at overvinde belastningen på trækstangen. Samtidig med at det andet koniske tandhjulselement drejes, drejes den pågældende vinge, således at indstrømningsvinklen falder og vingen kantstilles.

Da vingerne ved denne kendte vindmøllerotor er lejret på de nævnte radialt udragende stænger, er vingerne ikke i stand til at foretage nogen "afbøjningsbevægelse". Ved "afbøjningsbevægelse" skal der i denne beskrivelse forstås, at vingerne er i stand til at svinge bagud, dvs. i vindretningen, nemlig under påvirkning af vindtrykket og for at afbøje de uheldige virkninger, som kraftige vindstød ellers kunne have. Der skal i denne forbindelse henvises til beskrivelsen til US patent nr. 2.516.576, hvor vingerne synkront kan svinges bagud af vindtrykket, hvorved en ledmekanisme forårsager en ændring af indstillingsvinklen. En lignende teknik kendes også fra tysk patentskrift nr. 805388, som beskriver en vindmøllerotor til automatisk indstilling af indstillingsvinklen i afhængighed af både centrifugalkræfter og vindtryk på vingerne.

En vindmølle af den indledningsvis anførte art kendes fra svensk fremlæggelsesskrift nr. 404716, som omtaler en mølle, i hvilken vingerne separat kan afbøje, idet de er monterede med deres længdeakse skråstillet i forhold til tværaksen. Vingerne kan desuden kantstilles ved drejning omkring tværaksen ved hjælp

af en ikke beskrevet mekanisme. Derved er vingernes afbøjningsvinkel og deres indstillingsvinkel uløseligt forbundet, og det er ikke muligt at lade vingerne afbøje individuelt for vindpres samtidig med at indstillingsvinklen reguleres.

Det er desuden kendt at regulere indstillingsvinklen i vindmøllerotorer med stift monterede vinger jf. WO-A-83/00195, EP-A-0 094 106 og DE-A-42 21 783.

Det er formålet med den foreliggende opfindelse at anvise en vindmøllerotor, som foruden ændring af indstillingsvinklen ved kraftige vindstød eller når vingerne udsættes for "skyggepåvirkning" fra mølletårnet, også ændrer indstillingsvinkel, når rotorens omdrejningshastighed ændrer sig fra den valgte udefra kommende referencehastighed.

Dette opnås ved en vindmøllerotor af den indledningsvis anførte art, som er særegen ved, at hver vinge med en vingeaksel er lejret drejeligt omkring sin længderetning i en forbindelsesdel, som drejeligt om tværaksen er forbundet med rotorens hus, at hver vingeaksel er udrejeligt forbundet med et konisk tandhjulselement, der er i indgreb med et andet konisk tandhjulselement, der er udrejeligt forbundet med en om den respektive tværakse drejelig aksel. Herved opnås en adskillelse af afbøjningsbevægelsen og indstillingsbevægelsen, idet den mellem vingen og rotorhuset indskudte forbindelsesdel kan svinge om en akse, der er fælles med en aksel der kan anvendes til styring af indstillingsvinklen. Der opnås således at vingerne altid kan foretage individuelle afbøjningsbevægelser, idet de deraf følgende ændringer i indstillingsvinklen for den respektive vinge kan ske i forhold til en for vingerne fælles regulerbar indstillingsvinkel.

Opfindelsen skal herefter forklares nærmere under henvisning til tegningen, hvor

fig. 1 viser et sidebillede, delvis i snit efter linien B-B i fig. 2, idet dog kun den inderste



del af øverste vingearm er vist,

fig. 2 viser et snit efter linien A-A i fig. 1,

og

fig. 3 viser en udførelsesform af styreenheden,

5 delvis i snit gennem centerlinien.

På tegningen betegner 1 rotorens hovedaksel, der fører ind i gondolens gear. Gondolen med dens kraftudtag er for overskuelighedens skyld ikke medtaget på tegningen. Hovedakslen 1 bærer rotorhuset 2, 10 der har en flange, hvortil hovedakslen 1 er fastgjort. Den ene ende af akslen 15 er fast forbundet til snekken 14, der går ind i rotorhuset 2, og akslen 15 forløber bagud gennem hovedakslen 1 ind i gondolen til styreenheden. Til rotorhuset (jfr. fig. 2) er 15 fast forbundet en akseltap 4, hvorpå hulakslen 5 er drejeligt lejret. På akslen 5 er der i den ene ende fastgjort et snekkehjul 13, der er i indgreb med en snekke 14. På akslen 5's anden ende er fastgjort et konisk tandhjul 12, der er i indgreb med et andet konisk tandhjul 11, der er fastgjort til den nederste 20 ende af en aksel 6, der udgør den inderste endedel af en møllevinge. Akslen 6 er drejeligt lejret ved hjælp af lejerne 7 og 8 i et lejehus 3. Lejehuset 3 er drejeligt forbundet til rotorhuset 2 ved lejerne 9 og 25 10.

Styreenheden 16 (jfr. fig. 3) består af et snekkegear med snekke 33 og snekkehjul 34. I snekkehjulet 34 er indbygget og fast forbundet et friløbsleje 25, hvis inderring er fast forbundet til akslen 30 15. På snekkegearets indgangsaksle er monteret en styremotor, som ikke er vist på tegningen. Konsollen 30 danner lejehus for differentiale 20. På akslen 15 er fastgjort et cylindrisk tandhjul 17, der er i indgreb med et andet cylindrisk tandhjul 19, der er 35 fastgjort til akselenden af den ene udgangsaksel 31 fra differentialet. På den anden udgangsaksel 32 er der i enden fastgjort et cylindrisk tandhjul 21, der er i indgreb med et andet cylindrisk tandhjul 22, som

er fastgjort til hovedakslen 1. Akslerne 31 og 32 er lejret i lejerne 26 og 27 i lejehuset 30. På akslerne 31 og 32 er fastgjort lejerne 28 og 29, der danner leje for differentialehuset 20, der dermed er drejelig. Differentialehuset er udvendigt formet som en spole til oprulning af wire 23, der er forbundet til lod 24. I differentialehuset 20 er fastgjort en akseltap 35, der danner leje for de to differentialehjul 36 og 37. Af den i det foregående afgivne forklaring vil det forstås, at en vinge, f.eks. den, der er forbundet med den øverste akseltap 6 i fig. 2, i ubelastet tilstand og hvis der ses bort fra tyngdekraftens virkning, ikke er bundet til den i fig. 1 viste lodrette stilling, men vil kunne svinge i retning af dobbeltpilen 40 i fig. 1, dvs. i et aksialt snit gennem hovedakslen 1, idet en sådan svingning blot vil resultere i en rulning af det tilhørende tandhjul 11 i forhold til det dermed samvirkende tandhjul 12, der normalt fastholdes i en bestemt vinkelstilling af snekehjul 13 og snekke 14. Denne svingningsbevægelse tillades som følge af den svingelige lejring af lejehuset 3 ved hjælp af lejerne 9 og 10 i rotorhuset. For imidlertid at undgå at vingerne i en sådan ubelastet tilstand skal stå og "vakle" er der til hvert lejehus 3 fastgjort en dæmpningsfjeder, som ikke er påført tegningen.

Som forklaret i det foregående fremkommer sådanne afbøjningsbevægelser som følge af vindtrykket og når den pågældende vinge udsættes for momentane vindstød eller passerer tårnskyggen. Omkring det tilhørende vindmølletårn vil der opstå hvirvler, som har indvirkning på vingeres opdriftsegenskaber, når vingerne passerer tårnet, og uanset om dette sker på den luv side eller på den læ side.

Under normal drift vil centrifugalkraften holde vingerne rettet radialt udefter, idet de dog vil have en lille afbøjning som følge af vindtrykket, og derved vil de samtidig indtage en bestemt drejningsvin-

kel omkring deres længderetninger, nemlig takketvære indgrebet mellem de tilhørende tandhjul 11 og 12 og det forhold, at akslen 5 holdes i en veldefineret stilling af snekkehjul 13 og 14. Herunder overføres 5 vingernes rotorbevægelse til hovedakslen 1 over: akseltappene 6, lejerne 7 og 8, husene 3, lejerne 9 og 10 til rotorhuset 2. Udsættes en vinge for et vindstød, vil den foretage en afbøjning, dvs. den vil blive bevæget bagud i vindretningen. Derved vil det 10 tilhørende tandhjul 11 rulle i forhold til tandhjulet 12, og den pågældende vinge momentant aflastes. Vingen vil altså blive drejet omkring sin længderetning momentant. Så snart den pågældende påvirkning af vingen ophører, vil den vende tilbage til sin normale 15 arbejdsstilling som følge af centrifugalkraftens påvirkning. Mere præcist vil vingernes afbøjning eller bagoverhældning naturligvis, foruden af centrifugalpåvirkningen, afhænge af vindtrykket.

Af den i det foregående givne forklaring vil 20 det forstås, at møllens rotationshastighed er bestemt af styreenheden 16 og omdrejningerne af dennes styremotor. Under opstart er vingernes indstillingsvinkel  $0^\circ$ . Styremotoren vil gennem snekken 33 få snekkehjulet til at rotere med den ønskede hastighed. Friløbs- 25 lejet 25, der er indbygget i snekkehjul 34 og inderringen fastgjort til akslen 15, har sit friløb i modsat retning af hovedakslen 1's og snekkehjulet 34's rotationsretning. Når snekkehjulet 34 drejer, vil friløbslejet 25 tillade akslen 15 at kunne bevæge sig 30 frit op til snekkehjulet 34's omdrejninger, hvor akslen 15 da vil fastholdes, hvis den prøver at overskride denne hastighed. Ved opstart vil akslen da blive frigjort. Det vil bevirke, at loddet 24 gennem wiren 23 vil få differentialehuset til at dreje og 35 gennem lejetap 35 påvirke differentialehjulene 36 og 37. Under opstart er hovedakslen 1 stillestående og tandhjul 22 dermed også. Tandhjul 21 og akslen 32 vil da ikke kunne drejes. Differentialehjulene vil da kun

kunne påvirke akslen 31, der da via tandhjulene 19, 18 og 17 vil overføre drejningen til akslen 15, der er fast forbundet til snekken 14 i rotorhuset 2, som er i indgreb med snekkehjulene 13, der igennem akslen 5 vil overføre drejningen til det koniske tandhjul 12 og videre til det koniske tandhjul 11, hvorved akslen 6 og vingen vil dreje til den ønskede indstillingsvinkel.

Hvis vindmøllerrotoren under sin rotation vil overstige styremotorens hastighed som følge af stigende vindhastighed, vil det modsatte forløb af det førnævnte indtræffe. Vindmøllerrotorens større rotation vil medføre, at snekkehjulene 13 vil dreje hurtigere end snekken 14 og dermed "skrue" sig til en faldende indfaldsvinkel for vingerne. Samtidig vil den gennem differentialet 20 have loddet 24. Vindmøllertoren vil da finde en balance omkring styremotorens angivne omdrejningshastighed.

Ved stop af styremotor vil vingerne "skrue" sig frem til indfaldsvinkel  $0^\circ$ .

## P A T E N T K R A V

1. Vindmøllerotor med hastighedsregulering ved omstilling af vingernes indstillingsvinkel, hvor hver vinge er drejeligt lejret omkring en tværakse, der  
5 forløber i et plan, som står vinkelret på rotorens omdrejningsakse, k e n d e t e g n e t ved, at hver vinge med en vingeakse (6) er lejret drejeligt omkring sin længderetning i en forbindelsesdel (3), som drejeligt om tværaksen er forbundet med rotorens hus  
10 (2), at hver vingeakse (6) er udrejeligt forbundet med et konisk tandhjulselement (11), der er i indgreb med et andet konisk tandhjulselement (12), der er udrejeligt forbundet med en om den respektive tværakse drejelig aksel (5).

15 2. Vindmøllerotor ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at der til akslen (5) er et fast forbundet snekkehjulselement (13) parallelt med den nævnte tværakse, der står i indgreb med en snekke (14) i rotorens center, parallelt med rotorens omdrejningsakse.  
20

3. Vindmøllerotor ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at snekken (14) er udrejeligt forbundet med en styreaksel (15), der er ført til møllens styreenhed, der består af snekegear med styremotor og at styreakslen (15) er forbundet til gearrets  
25 snekkehjul (34) via et friløbsleje (25).

4. Vindmøllerotor ifølge krav 3, k e n d e t e g n e t ved, at der fast forbundet til styreakslen (15) er et cylindrisk tandhjulselement (17), der  
30 er i indgreb med et andet cylindrisk tandhjulselement (18), der som mellemhjul er i indgreb med et tredje tandhjulselement (19), der er fast forbundet til den ene udgangsaksel (31) fra et differentiale (20), at der på differentialets (20) anden udgangsaksel (32)  
35 er et fjerde tandhjulselement (21) fast forbundet og i indgreb med et femte tandhjulselement (22) fast forbundet til rotorens hovedakse (1), og at differentialehuset danner spole for en wire (23) til et

9

lod (24) .

5

